

## بهینه سازی اقتصادی چگالنده پوسته و لوله با استفاده از الگوریتم ژنتیک

مهندس مهدی نادری، دانشجوی کارشناسی ارشد تبدیل انرژی دانشگاه ارومیه<sup>۱</sup>

دکتر ایرج میرزایی، دانشیار دانشگاه ارومیه<sup>۲</sup>

### چکیده

این مقاله روشی کارآمد براساس الگوریتم ژنتیک برای بهینه سازی چگالنده پوسته و لوله (کندانسور) ارائه می دهد. در این مقاله بهینه سازی به منظور بدست آوردن حداقل هزینه کل سیستم (هزینه سرمایه گذاری اولیه و هزینه کارکرد) انجام شده است. هزینه سرمایه گذاری اولیه و سطح حرارتی در نظر گرفته شده و هزینه کارکرد شامل برق مصرفی پمپ برای غلبه برافت فشار داخل لوله ها می باشد. در این مقاله تعداد 6 متغیر برای بهینه سازی شامل: تعداد لوله، تعداد گذر لوله، قطر داخلی، قطر خارجی لوله، گام و آرایش لوله ها (30،45،60،90 درجه) در نظر گرفته شده اند. همچنین قطر پوسته کمتر از 7 متر و طول مبدل کمتر از 15 متر در نظر گرفته شده اند. ابتدا با استفاده از فرضیات و معادلات حاکم یک مدل سازی حرارتی انجام شده و صحت آن با مرجع سنجیده و برای مسائل مهندسی قابل قبول بود. سپس با اجرای الگوریتم ژنتیک در محدوده متغیرها تابع هدف بهینه شده، مقادیر بهینه متغیرها و کمینه هزینه کل سیستم که شامل هزینه سرمایه گذاری اولیه و کارکرد است بدست آمد. نتایج بدست آمده با مرجع مقایسه و بهبود قابل توجه حاصل شده است.

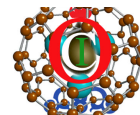
واژه های کلیدی: چگالنده- الگوریتم ژنتیک- تابع هدف- بهینه سازی

### 1- مقدمه

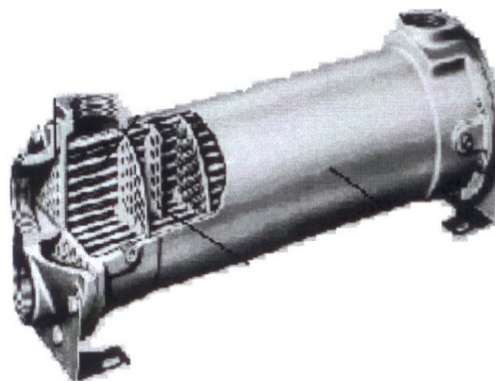
چگالنده های پوسته و لوله (شکل 1) از لوله های مقطع دایره ای که در پوسته استوانه ای بزرگ نصب شده اند ساخته می شوند. به طوری که محور لوله ها موازی با محور پوسته است. این مبادله کن های گرما به طور وسیع در نیروگاهها و به عنوان مولد های بخار در نیروگاههای هسته ای و در کاربردهای صنایع فرایندی و شیمیایی استفاده میشود. یک سیال از داخل لوله ها و سیال دیگر در سمت پوسته به صورت متقاطع با لوله ها و یا در طول آنها جریان می یابد بسته به کاربرد چگالنده تفاوت زیادی در شکل ساختمان آنها وجود دارد. اهداف اصلی طراحی در این مبادله کن ها در نظر گرفتن انبساط گرمایی پوسته و لوله ها، تمیز کردن آسانتر مجموعه و در صورت با اهمیت نبودن سایر جنبه ها کم هزینه ترین روش ساخت و تولید آنها است. معمولاً بهینه سازی با تعریف تابع هدف شروع می شود. که این تابع هدف برای مسائل مختلف متفاوت است. سلطان (Soltan) هزینه های سالانه چگالنده پوسته و لوله را با تغییر دادن فواصل بافلها بدست آورد. [1]. دنسکی (Domanski) ماکزیمم ظرفیت را برای چگالنده های لوله ای پره دار در شرایط خاص تخمین زد. [2]. دنتیک (Dentice) چگالنده دو لوله ای

1- دانشگاه ارومیه، دانشکده فنی و مهندسی، [m.n.mechanic.engineering@gmail.com](mailto:m.n.mechanic.engineering@gmail.com)

2- دانشگاه ارومیه، دانشکده فنی و مهندسی، [i.mirzaee@urmia.ac.ir](mailto:i.mirzaee@urmia.ac.ir)



را با همایش پتروشیمی کردن انهدام اکسرژی بهینه کرد. [3]. بهینه سازی های دیگری از نظر اقتصادی انجام شده که میتوان به [4-5] اشاره کرد. در این مقاله بهینه سازی اقتصادی برای یک چگالنده پوسته و لوله صورت گرفته است.



کندانسور پوسته و لوله

شکل 1 - چگالنده پوسته و لوله

## 2- مدل سازی حرارتی

### 2-1- فرضیات و معادلات حاکم

1. سیال در حال چگالش سمت پوسته است.
  2. سیال سرد کننده سمت لوله است.
  3. از افت فشار سمت پوسته صرف نظر کردیم.
- وظیفه این چگالنده رساندن آب از حالت بخار اشباع به مایع اشباع است. میزان حرارتی را که سیال گرم از دست می دهد و حرارتی را که سیال سرد کننده بدست می آورد به ترتیب از روابط (1) و (2) بدست می آید.

$$Q_h = m^o_h (h_{fg}) \quad (1)$$

$$Q_c = m^o_c cp (T_{c2} - T_{c1}) \quad (2)$$

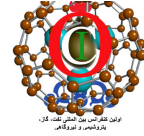
$m^o_h$  و  $m^o_c$  به ترتیب دبی جرمی سیال سرد و گرم،  $cp$  ظرفیت گرمایی،  $h_{fg}$  آنتالپی،  $T_{c1}$  و  $T_{c2}$  دماهای سیال سرد می باشد. مقدار حرارت تبادل شده بین سیال سرد و گرم را می توان طبق رابطه زیر بدست آورد:

$$Q = \bar{U}_m A_o \Delta T_{lm} \quad (3)$$

که در آن  $\Delta T_{lm}$  اختلاف دمای متوسط لگاریتمی،  $A_o$  مساحت انتقال حرارت سطح خارجی لوله ها می باشد.

$$\Delta T_{lm} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}} \quad (4)$$

$\bar{U}_m$  متوسط ضریب کلی انتقال گرما است. از آنجا که  $\bar{U}$  می تواند به طور قابل ملاحظه ای در طول مبدل تغییر کند از مقدار متوسط آن استفاده می شود.  $\Delta T_1$  و  $\Delta T_2$  به ترتیب اختلاف دمای ورودی و خروجی سیال سرد با سیال گرم است.



$$\bar{U}_m = \frac{1}{2}(\bar{U}_1 + \bar{U}_2) \quad (5)$$

$\bar{U}_1$  و  $\bar{U}_2$  به ترتیب ضریب کلی انتقال حرارت در ورودی و خروجی چگالنده هستند. در صورتی که فرض کنیم  $\Delta T$  و بصورت خطی با  $\bar{Q}$  تغییر می کند، در این صورت  $\bar{U}_m$  از رابطه زیر بدست می آید.

$$\bar{U}_m = \frac{1}{\bar{U}} \frac{\Delta T_{lm} - \Delta T_2}{\Delta T_1 - \Delta T_2} + \frac{1}{\bar{U}_2} \frac{\Delta T_1 - \Delta T_{lm}}{\Delta T_1 - \Delta T_2} \quad (6)$$

استفاده از معادله (5) آسانتر است ولی در صورتی که اختلاف بزرگی بین  $\bar{U}_1$  و  $\bar{U}_2$  وجود داشته باشد، صادق نیست. تصمیم گیری در این مورد که کدامیک از معادلات داده شده برای محاسبه  $\bar{U}_m$  در شرایطی مشخص، صادق است کار مشکلی است. در محاسبات ما مقدار اختلاف بین  $\bar{U}_1$  و  $\bar{U}_2$  کمتر از ده درصد می باشد.

$$\frac{1}{\bar{U}} = R_t + \frac{1}{h_o} \quad (7)$$

$R_t$  مجموع تمام مقاومت های گرمایی دیگر است،  $h_i$  و  $h_o$  به ترتیب ضریب انتقال حرارت سمت لوله و پوسته می باشد.

$$R_t = R_{Fo} + \left[ \frac{1}{h_i} + R_{Fi} \right] \frac{d_o}{d_i} + \frac{t_w}{k_w} \frac{d_o}{D_m} \quad (8)$$

$$D_m = \frac{d_o - d_i}{\ln \left[ \frac{d_o}{d_i} \right]} \quad (9)$$

در این رابطه  $R_{Fo}$  ضریب رسوب و  $d_o, d_i, k_w, t_w$  به ترتیب، قطر خارجی لوله، قطر داخلی لوله، ضریب هدایت گرمایی لوله و ضخامت لوله می باشند. معلومات اولیه برای حل یک مسئله چگالنده در اختیار است:  $T_h$ : دمای سیال چگالیده شده، که در طول چگالنده ثابت است.  $T_c I$ : دمای ورود سیال سرد، دبی جرمی سیال سرد، دبی جرمی سیال گرم و خواص هر سیال را در دمای مشخص داریم. جنس لوله ها و پوسته و در نتیجه خواص مربوط به آنها را در اختیار داریم. ضرایب رسوب سمت پوسته و لوله به ترتیب  $R_{Fo} = .00009 m^2 kw^{-1}$  و  $R_{Fi} = .00018 m^2 kw^{-1}$  می باشد. با داشتن تعداد لوله ها و دبی جرمی می توان سرعت در هر لوله را از رابطه (10) بدست آورد:

$$\bar{V} = \frac{4m^o_c}{\rho_c \pi d_i^2 N} \rightarrow Re = \frac{4m^o_c}{\pi d_i \mu N} \quad (10)$$

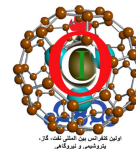
که در آن  $N$  تعداد لوله ها می باشد. با داشتن  $Re$  می توان عدد  $Nu$  را برای سمت لوله با توجه به محدوده  $Re$  بدست آورد. [6]

$$Nu = \frac{0.5f(Re - 1000)Pr}{1 + 12.7(f/2)^{0.5}(Pr^{2/3} - 1)} \quad \text{if } (2300 < Re < 10^4) \quad (11)$$

$$Nu = \frac{0.5fRePr}{1.07 + 12.7(f/2)^{0.5}(Pr^{2/3} - 1)} \quad \text{if } (10^4 < Re < 5 \times 10^6) \quad (12)$$

$$f = (1.58 \ln(Re) - 3.28)^{-2} \quad (13)$$

که  $Pr$  عدد پранتل (prandtl)،  $f$  ضریب اصطکاک،  $Re$  عدد رینولدز (reynolds)،  $Nu$  عدد ناسلت (nusselt) می باشد. با داشتن عدد ناسلت می توان  $h_i$  را از رابطه زیر بدست آورد:



$$h_i = \frac{Nu.K_c}{d_i} \quad (14)$$

$K_c$  ضریب هدایت حرارتی سیال سرد می باشد.  $h_o$  را می توان برای سیال چگالیده شده طبق رابطه زیر بدست آورد. [6]

$$h_o = 0.728 \left[ \frac{\rho_h^2 g h_{fg} k_h^3}{\mu_h \Delta T_w d_o} \right]^{0.25} \frac{1}{n^{1/6}} \quad (15)$$

$\mu_h$  و  $\rho_h$  و  $k_h$  به ترتیب ویسکوزیته، چگالی، ضریب هدایت گرمایی سیال چگالیده شده و  $g$  شتاب گرانش می باشد.

$n$  تعداد لوله هایی است که در چگالنده زیر یکدیگر قرار می گیرند. تعداد این لوله ها را می توان از روابط زیر بدست آورد.

برای آرایش  $90^\circ, 45^\circ$

$$n = \frac{\sqrt{4clp_t^2 N / \pi}}{d_o + p_t} \quad (16)$$

و برای آرایش  $60^\circ, 30^\circ$

$$n = \frac{\sqrt{4clp_t^2 N / \pi}}{d_o + \sqrt{3}p_t} \quad (17)$$

$$p_t = d_o p_r \quad (18)$$

که در آن  $p_r$  نسبت گام لوله است. همچنین  $cl$  ثابت جانمایی لوله است و برای  $cl=1.90^\circ, 45^\circ$  و برای

$cl = 0.87, 60^\circ, 30^\circ$  می باشد. [3].  $\Delta T_w$  اختلاف بین دمای اشباع و دمای سطح رسوب است و توسط رابطه زیر ارائه

می شود:

$$\Delta T_w = \Delta T - R_t q \quad (19)$$

و  $q$  شار گرمای محلی است که توسط رابطه (20) داده شده است:

$$q = \bar{U} \Delta T \quad (20)$$

از رابطه (19) و (20) داریم:

$$\Delta T_w = \Delta T (1 - R_t \bar{U}) \quad (21)$$

با داشتن  $\bar{U}_m$  می توانیم مساحت سطح حرارتی خارجی لوله ها و در نتیجه طول هر لوله و با آن طول مبدل را بدست آورد:

$$A_o = \frac{Q}{U_m \Delta T_{lm}} = N \cdot \pi \cdot d_o \cdot L \longrightarrow L = \frac{A_o}{N \cdot \pi \cdot d_o} \quad (22)$$

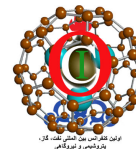
قطر پوسته را می توان با رابطه زیر تخمین زد. [6]

$$D_s = 0.637 \sqrt{\frac{cl \times A_o \times d_o}{L \times cpt}} \times p_r \quad (23)$$

$cpt$  پوشش نیافتن قطر پوسته توسط لوله ها را لحاظ می کند. برای یک گذر لوله:  $cpt=0.93$ ، دو گذر لوله:  $cpt=0.9$

سه گذر لوله:  $cpt=0.85$  می باشد. افت فشار را می توان از روابط زیر به دست آورد.

$$f_2 = 0.046 Re^2 \quad (24)$$



$$\Delta P_t = \frac{4f_2 \times L \times NP \times V^2}{di^2} \quad (25)$$

$$\Delta P_r = 2 \times NP \times \rho_c \times V^2 \quad (26)$$

$$\Delta P_{tot} = \Delta P_t + \Delta P_r \quad (27)$$

$\Delta P_t$  افت فشار سمت لوله،  $\Delta P_r$  افت فشار موضعی،  $f_2$  ضریب اصطکاک،  $\rho_c$  چگالی سیال سرد،  $NP$  تعدادگذر لوله،  $\Delta P_{tot}$  افت فشار کل می باشد.

## 2-2- متغیرها، قیود و شرایط کارکرد

در این جا تعداد لوله ها، تعداد گذر لوله، قطر داخلی و خارجی لوله، نسبت گام لوله و آرایش لوله ها (30، 45، 60، 90 درجه) به صورت متغیر در نظر گرفته شده اند. قطر پوسته کمتر از 7 و طول مبدل کمتر از 15 متر به عنوان قید در نظر گرفته شده اند. شرایط کارکرد چگالنده از قرار زیر است: دمای سیال گرم  $T_h = 45.8^\circ C$ ، دمای ورود سیال سرد  $T_{cI} = 20^\circ C$ ، دبی جرمی سیال سرد  $m_c^o = 10717.4 kg/s$ ، دبی جرمی سیال گرم  $m_h^o = 215.68 kg/s$ ، هزینه کل چگالنده به عنوان تابع هدف در نظر گرفته شده اند. هزینه کل شامل هزینه سطح حرارتی و هزینه کارکرد پمپ می باشد. هزینه سرمایه گذاری اولیه، هزینه برق مصرفی برای کارکرد پمپ و هزینه کل به ترتیب از روابط (28)، (29)، (30) به دست می آید. [7].

$$cin = 8500 + CA \times Ao^n \quad (28)$$

$$c_{op} = \left[ \frac{kel \times \tau \times \Delta p_{tot} \times m_c^o}{\eta \rho_c} \right] \quad (29)$$

$$C_{tot} = a \times Cin + cop \quad (30)$$

$$a = r / (1 - (1 + r)^{-y}) \quad (31)$$

جایی که  $C_A$  و  $k_{el}$  به ترتیب، هزینه بر واحد سطح و هزینه برق است،  $n$  و  $\tau$  به ترتیب، توان افزایش غیر خطی با افزایش سطح و ساعات کارکرد در سال می باشند.  $\eta, \Delta p_{tot}$  به ترتیب افت فشار و بازده پمپ می باشد.  $y$  عمر تجهیزات بر حسب سال،  $r$  نرخ تورم،  $a$  ضریب هزینه سالانه می باشد.  $Kel = 20 \times 10^{-6} \$/wh$ ،  $\eta = .8$ ،  $n = .6$ ،  $r = .15$ ،  $CA = 409$ ،  $Kel = 20 \times 10^{-6} \$/wh$ ،  $\tau = 5000$ ،  $y = 10$  می باشد.

## 2-3- عملکرد برنامه

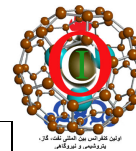
با تغییر دادن متغیرهای مسئله در محدوده تغییرات خود با استفاده از الگوریتم و با بکاربردن روش LMTD، سطح حرارتی و افت فشار را که در هزینه کلی مبدل تأثیر دارند حساب می شود. انحراف بین نتایج در مرجع [6] و نتایج حاصل شده توسط برنامه کامپیوتری برای سه حالت در جدول (1) لیست شده است.

جدول (1) مقایسه نتایج حاصل از برنامه با نتایج مرجع [6]

		برنامه	مرجع	برنامه	مرجع	برنامه	مرجع
1	سطح حرارتی $m^2$	13595	13178.8	13675	6 13696.	14579	14525.5
2	افت فشار (kpa)	56.33	56.6	32.5	32.5	16.2	16.1
3	طول چگالنده (m)	15.7	15.6	13.14	13.2	10.59	10.5

# اولین کنفرانس بین المللی نفت، گاز، پتروشیمی و نیروگاهی

مرکز همایش های بین المللی هتل المپیک تهران



4	قطر چگالنده (m)	4.250	4.6	4.75	5.1	5.48	5.9
---	-----------------	-------	-----	------	-----	------	-----

همانطور که دیده می شود خطاهای موجود کم و برای مسائل مهندسی قابل قبول می باشد. بنابراین برنامه کامپیوتری برای بهینه سازی معتبر می باشد.

## 3- الگوریتم ژنتیک

اصول اولیه این الگوریتم توسط هلندی و همکارانش در دانشگاه میشیگان ایالات متحده در سال 1962 ارائه شد. از اوایل دهه ی 1980 به بعد مقاله ها و رساله های بسیاری در تایید بهینه سازی توابع، توسط این الگوریتم انتشار یافته است. این الگوریتم به صورت موازی عمل می کند. و بر خلاف الگوریتم های دیگر روی کد متغییر کار می کند و مکانیزم رندمی دارد.

### 3-1- اصطلاحات به کار گرفته شده در ژنتیک

1- جهش: تغییر یک کروموزم با تغییر یک یا چند بیت از آن، از صفر به یک یا از یک به صفر.  $P_m=2$ : احتمال جهش که معمولا  $0.001 \leq p_m \leq 0.01$  است و ما  $P_m=0.005$  می گیریم. 3- ازدواج: تبدیل دو کروموزم به دو کروموزم جدید با جایگزینی قسمتی از بیت هایشان با یکدیگر. 4-  $P_c$ : احتمال تزویج، که معمولا 0.8 می گیریم. 5- تابع برازش (تابع هدف): تابعی برای تشخیص شایستگی یک کروموزم. 6- انتخاب: به انتخاب کروموزم ها گوییم.

### 3-2- روند کلی الگوریتم

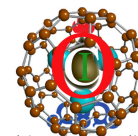
1- عملگر انتخاب، جمعیت اولیه را به صورت تصادفی ایجاد می کند. 2- جمعیت جاری کد گشایی می گردد. 3- مقادیر تابع هدف به اعضای جمعیت جاری محاسبه می شوند. 4- تابع برازندگی اعضا با استفاده از مقادیر تابع هدف محاسبه می شوند. 5- جمعیت موثر از جمعیت جاری محاسبه می شود. 6- عملگر جفت یاب هر دو عضو جمعیت موثر را به هم منتسب نموده و عمل پیوند بین آن دو انجام می شود. 7- عملگر جهش به اعضای جمعیت جدید اعمال می شود. 8- اعضای جمعیت جدید کدگشایی می شوند. 9- معیار همگرایی برحسب متغیرهای جدید کنترل می شود. 10- در صورت برقراری شرط همگرایی محاسبات متوقف می شود. 11- در صورت عدم برقراری شرط همگرایی جمعیت جدید جایگزین جمعیت جاری شده و محاسبات از گام 2 تکرار می شود.

## 4- بهینه سازی

هدف بدست آوردن چگالنده ای بود که کمینه هزینه سالانه را داشته باشد. در این مقاله تعداد 6 متغیر برای بهینه سازی شامل تعداد لوله، تعداد گذر لوله، قطر داخلی و خارجی لوله، نسبت گام لوله و آرایش لوله ها (30، 45، 60 و 90 درجه) در نظر گرفته شده اند. همچنین قطر پوسته کمتر از 7 و طول چگالنده کمتر از 15 متر به عنوان قید در نظر گرفته شده اند. الگوریتم ژنتیک برای 60 نسل با ایجاد جمعیت تصادفی و احتمال تزویج  $P_c=0.8$  و احتمال جهش  $P_m=0.005$  اجرا شد. نحوه همگرایی تابع هدف بر حسب تولید نسل در نمودار (1) نشان داده شده است. برای مقایسه نتایج با مرجع [6] شرایط در هر

# اولین کنفرانس بین المللی نفت، گاز، پتروشیمی و نیروگاهی

مرکز همایش های بین المللی هتل المپیک تهران



حالت مشابه با این مرجع در نظر گرفته شده است. متغیرها، محدوده بالا و پایین آنها در جدول (2) نشان داده شده است. نتایج بهینه به همراه سه حالت موجود در مرجع در جدول (3) و (4) نشان داده شده است.

جدول (2) متغیرهای مسئله محدوده بالا و پایین آنها

	متغیر	محدوده پایین	محدوده بالا
1	تعداد لوله	1000	10000
2	تعداد گذر	1	3
3	قطر داخلی m	0.023	0.043
4	قطر خارجی m	0.0254	0.0453
5	نسبت گام لوله	1.25	1.5
6	آرایش لوله	30 درجه	90 درجه

تعداد 42 لوله استاندارد برای بهینه سازی چگالنده استفاده شده است که قطر داخلی و خارجی هر کدام در دسترس است.

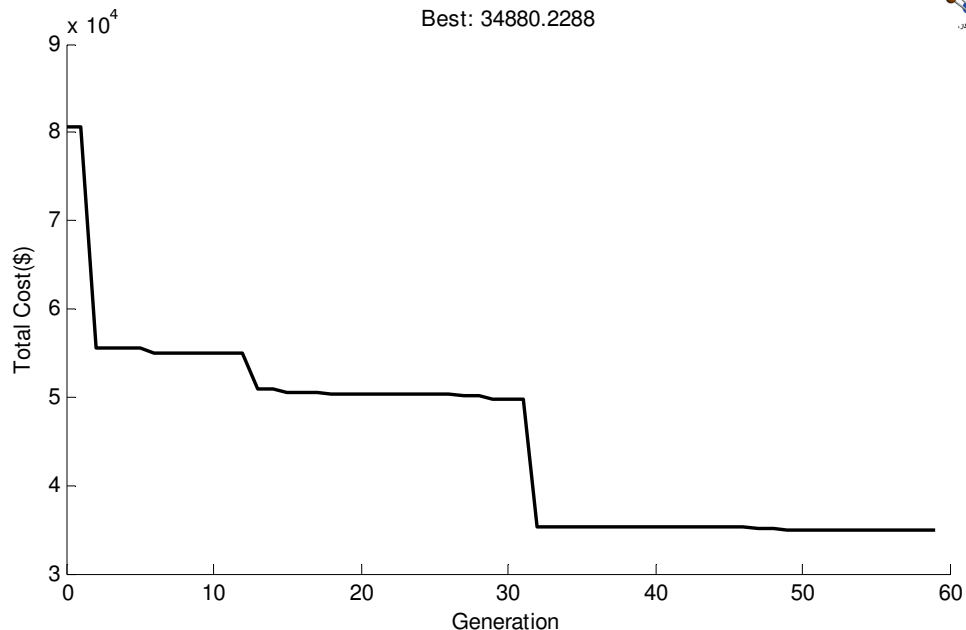
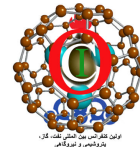
جدول (3) مقدار متغیرهای بهینه

	متغیر	مقادیر بهینه شده
1	تعداد لوله	9684
2	تعداد گذر	1
3	قطر داخلی (m)	0.041
4	قطر خارجی (m)	0.048
5	نسبت گام لوله	1.264
6	آرایش لوله	30 درجه

جدول (4) نتایج بهینه به همراه سه حالت موجود در مرجع [6]

	مورد اول	مورد دوم	مورد سوم	نتایج بهینه سازی
هزینه سالانه \$	49000	70000	100000	37729

همانطور که مشاهده می شود مقدار کل هزینه سالانه بهینه شده در مقایسه با سه حالت به ترتیب کاهش قیمت 24٪، 47٪ و 64٪ را در بر دارد.



نمودار (1) همگرایی تابع هدف (هزینه کل) با تولید نسل

علت تفاوت جزئی نتیجه جدول (4) با نتیجه نمودار در این است که در بهینه سازی قطر داخلی و خارجی به ترتیب 0.043 و 0.045 متر بدست آمده است. و برای اینکه سائز لوله ها استاندارد باشد، 0.041 و 0.048 متر (1.6 و 1.9 اینچ) انتخاب کردیم.

## 5- نتیجه گیری

در این مقاله بهینه سازی به منظور بدست آوردن حداقل هزینه کل سیستم (هزینه سرمایه گذاری اولیه و هزینه کارکرد) با استفاده از الگوریتم ژنتیک انجام شد. هزینه سرمایه گذاری اولیه، سطح حرارتی در نظر گرفته شده و هزینه کارکرد شامل برق مصرفی پمپ برای غلبه بر افت فشار داخل لوله ها می باشد. در این جا تعداد 6 متغیر برای بهینه سازی شامل تعداد لوله، تعداد گذر لوله، قطر داخلی و خارجی لوله، نسبت گام لوله و آرایش لوله ها (30، 45، 60 و 90 درجه) در نظر گرفته شده اند. همچنین قطر پوسته کمتر از 7 متر و طول چگالنده کمتر از 15 متر در نظر گرفته شد. که طول 13.4 و قطر 6.5 متر بدست آمد. نتایج بهینه سازی به همراه سه حالت موجود در مرجع [6] مقایسه شد و به ترتیب کاهش قیمت 24٪، 47٪ و 64٪ بدست آورده شد.

## تشکر و قدردانی

با سپاس از جناب آقای دکتر حاج عبدالهی که راهنما ما در این پروژه بودند.

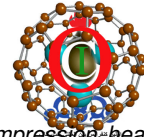
## مراجع

- [1] KhalifehSoltan B,Saffar-Avval M,Damangir E.,(2004),“*Minimizing capital and operating costs of shell and Tube condensers using optimum baffle spacing*”,.Applied Thermal Engineering 24,2801–2810.
- [2] Domanski A,David Yashar.,(2007),“*Optimization of finned-tube condensers using an intelligent system*”,. International Journal of Refrigeration 30,482e488.



# اولین کنفرانس بین المللی نفت، گاز، پتروشیمی و نیروگاهی

مرکز همایش های بین المللی هتل المپیک تهران



- [3] Dentice D, Vanoli L.,(2004),“*Thermo economic optimization of the condenser in a vapor compression heat pump*”.,International Journal of Refrigeration 27,433–441.
- [4] Resat Selbas A,Onder Kızılkın A,Reppich M.,(2006),“*A new design approach for shell-and-tube heat exchangers using genetic algorithms from economic point of view Chemical Engineering and Processing*”.,45 ,268–275.
- [5] Eryener D.,(2006),“*Thermo economic optimization of baffle spacing for shell and tube heat exchangers*”., Energy Conversion and Management 47,1478–1489.
- [6] Kakac S,Liu H.,( 2000),“*Heat Exchangers Selection Rating and Thermal Design*”.,CRC Press,New York.
- [7] Taal M,Bulatov I,Klimes J,Stehlik P.,(2003),“*Cost estimation and energy price forecasts for economic evaluation of retrofit projects*”.,Applied Thermal Engineering 23,1819–1835.
-